Nicht im Handel

Sonderabdruck aus Bd. XI, Heft 4, 1957

ÖSTERREICHISCHES INGENIEUR-ARCHIV

Schriftleiter: Prof. Dr. F. Magyar, Technische Hochschule Wien

Springer-Verlag, Wien I, Mölkerbastei 5

J. Braunbeck:

Über Körperfarben im Röntgengebiet

Über Körperfarben im Röntgengebiet

Von **J. Braunbeck**, Wien

Zusammenfassung. Aus der Monotonie der Wellenlängenabhängigkeit des Absorptionskoeffizienten zwischen Paarbildungsabsorption und K-Absorptionskante wird eine notwendige Bedingung für das Vorkommen von Körperfarben hergeleitet. Die Existenz dieser Bedingung erklärt das Fehlen bestimmter Farben in Röntgen-Farbphotographien.

Bei der Betrachtung von Röntgen-Farbphotographien fällt häufig das Fehlen bestimmter Farben auf. Derartige Photographien werden in der Regel für Zwecke der Röntgendiagnostik mit durchfallender Strahlung angefertigt, deren Wellenlänge kleiner ist als die der K-Absorptionskante des schwersten in radiographisch wirksamer Konzentration im Aufnahmeobjekt enthaltenen Elementes. Im Spektralbereich zwischen Paarbildungsabsorption und K-Absorptionskante ist der Absorptionskoeffizient eine monoton wachsende Funktion der Wellenlänge. Nachstehend wird aus dieser Monotonie eine notwendige Bedingung für das Vorkommen einer Farbe abgeleitet.

Verallgemeinert man den Farbbegriff auf Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Spektralbereiches, so kann man eine Anordnung von drei wellenlängenabhängigen Detektoren mit den Empfindlichkeiten $E_i(\lambda)$; $i = 1, 2, 3$ als farbempfindliches System bezeichnen. Das Zahlentripel $[E_1(\lambda), E_2(\lambda), E_3(\lambda)]$ kann als Koordinatenangabe eines Vektors E_i betrachtet werden. Hält man den Anfangspunkt des Vektors E_i fest und variiert den Parameter λ, so erhält man einen Kegel, den sog. Spektralkegel, der die Schar aller reellen Farbvektoren einhüllt.

Einer auf das System auffallenden Strahlung mit der spektralen Intensitätsverteilung $I(\lambda)$ wird durch die Beziehung

$$A_i = \int_0^\infty E_i(\lambda) \cdot I(\lambda)\, d\lambda \tag{1}$$

ein Farbvektor A_i zugeordnet.

Bezogen auf ein bestimmtes farbempfindliches System wird eine Strahlung als weiß bezeichnet, wenn die Koordinaten des ihr zugeordneten Farbvektors untereinander gleich sind.

$$\int_0^\infty E_1(\lambda) \cdot I(\lambda)\, d\lambda = \int_0^\infty E_2(\lambda) \cdot I(\lambda)\, d\lambda = \int_0^\infty E_3(\lambda) \cdot I(\lambda)\, d\lambda. \tag{2}$$

Durchdringt die weiße Strahlung ein Objekt, so wird sie verfärbt. Bezeichnet man die Dicke des Objektes mit b und seinen Absorptionskoeffizienten mit $\tau(\lambda)$, so gilt für den der verfärbten Strahlung zugeordneten Farbvektor:

$$B_i = \int_0^\infty E_i(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot e^{-\tau(\lambda)\cdot b}\, d\lambda. \tag{3}$$

Nach den Regeln der Integralrechnung existieren drei ausgezeichnete Wellenlängen $\bar{\lambda}_i$, für die

$$B_i = e^{-\tau(\bar{\lambda}_i)\cdot b} \int_0^\infty E_i(\lambda) \cdot I(\lambda)\, d\lambda \tag{4}$$

gilt.

Wegen (2) können die Integrale in (4) durch einen Faktor C ersetzt werden.

$$B_i = C \cdot e^{-\tau(\bar{\lambda}_i)\cdot b}. \tag{5}$$

Nun treffe man die Zuordnung der $E_i(\lambda)$ und damit der $\bar{\lambda}_i$ zu den Indizes so, daß die Ungleichung

$$\bar{\lambda}_1 \leqq \bar{\lambda}_2 \leqq \bar{\lambda}_3 \tag{6}$$

erfüllt ist. Wegen der Monotonie der Funktion $\tau(\lambda)$ folgt daraus

$$B_1 \geqq B_2 \geqq B_3 \tag{7}$$

als einschränkende Ungleichung für die Koordinaten des Farbvektors. Das farbenempfindliche System wird also nur Farben aufzeichnen, deren Farbvektoren im Schnittvolumen des Spektralkegels mit der aus den Ebenen $z = 0$, $x = y$ und $y = z$ gebildeten Pyramide liegen.

Mitunter verwendet man farbempfindliche Systeme, die nur zwei wellenlängenabhängige Detektoren enthalten. Das Zahlenpaar $E_i(\lambda)$, $i = 1, 2$, ist dann als Koordinatenangabe eines Vektors in der Ebene deutbar. Bei Variation von λ bestreicht der Vektor E_i, dessen Anfangspunkt wieder festgehalten wird, einen Ebenensektor, der alle im betreffenden farbempfindlichen System möglichen Farbvektoren enthält.

Die Gl. (1) gilt unverändert, während die Definition der weißen Strahlung nunmehr

$$\int_0^\infty E_1(\lambda) \cdot I(\lambda)\, d\lambda = \int_0^\infty E_2(\lambda) \cdot I(\lambda)\, d\lambda \tag{8}$$

lautet. Durch einen Absorber verfärbter Strahlung wird auch hier durch die Gl. (3) ein Farbvektor B_i zugeordnet. Aus der Monotonie der Funktion $\tau(\lambda)$ folgt sodann

$$B_1 \geqq B_2. \tag{9}$$

Die vorkommenden Farbvektoren liegen also in der Überlappung des Spektralsektors mit dem durch die Geraden $y = 0$ und $x = y$ begrenzten Ebenensektor.

Technischer Vorteile wegen verwendet man in der Röntgen-Farbphotographie oft einen Detektor mit der spektralen Empfindlichkeitsverteilung $E(\lambda)$, der nach-

einander drei verschiedenen Strahlungen mit den spektralen Intensitätsverteilungen $I_i(\lambda)$ ausgesetzt wird. Bei der Variation von λ beschreibt nun der Vektor I_i den Spektralkegel, auf dem die Körperfarben der Monochromatoren liegen. Die drei Strahlungen und der Detektor haben die Weißbedingung

$$\int_0^\infty E(\lambda) \cdot I_1(\lambda)\, d\lambda = \int_0^\infty E(\lambda) \cdot I_2(\lambda)\, d\lambda = \int_0^\infty E(\lambda) \cdot I_3(\lambda)\, d\lambda \tag{10}$$

zu erfüllen.

Einem Absorber von der Dicke b mit dem Absorptionskoeffizienten $\tau(\lambda)$ wird durch

$$B_i = \int_0^\infty E(\lambda) \cdot I_i(\lambda)\, e^{-\tau(\lambda) \cdot b}\, d\lambda \tag{11}$$

ein Farbvektor B_i zugeordnet. Analog zu (4) existieren drei ausgezeichnete Wellenlängen $\overline{\lambda}_i$, welche die Bedingung

$$B_i = e^{-\tau(\overline{\lambda}_i) \cdot b} \cdot \int_0^\infty E(\lambda) \cdot I_i(\lambda)\, d\lambda \tag{12}$$

erfüllen. Aus (12) folgt wegen der Monotonie des Absorptionskoeffizienten wieder (7). Für den Fall eines Detektors, der von zwei Strahlungen verschiedener spektraler Energieverteilung getroffen wird, erhält man in analoger Weise die Gl. (9).

Literatur

Bouma, P. J.: Farbe und Farbwahrnehmung. Eindhoven: Philips. 1951.

Lachner, F.: Über die richtige Farbwiedergabe. Österr. Ingenieur-Arch. **11**, H. 2 (1957).

Richter, M.: Grundriß der Farbenlehre der Gegenwart. Dresden: Steinkopf. 1940.

Ziffer-Teschenbruck, M. E.: Verfahren zur Herstellung von farbenphotographischen Röntgenbildern. Ö. P. Nr. 174995.

(Eingegangen am 31. Dezember 1957)

Printed in Austria